



现代IP技术丛书

MODERN IP TECHNOLOGY

电信级

IP信息网络的构建

李洪 林殿魁 李学军 等编著



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

现代 IP 技术丛书

电信级 **IP** 信息网络的构建

李洪 林殿魁 李学军 等编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电信级 IP 信息网络的构建/李洪, 林殿魁, 李学军等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.2
ISBN 7-115-09742-9

I. 电... II. ①李... ②林... ③李... III. 因特网—应用—电话通信系统 IV. TN916.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083114 号

内 容 提 要

本书对运营商在 IP 网络建设、运营、业务拓展和管理当中遇到的主要问题进行了详细的论述。全书共分 6 章。第 1 章介绍了 IP 网络发展的过程。第 2 章论述 IP 网络的建设与技术发展。第 3 章介绍网络支撑系统的建设。第 4 章对基础信息服务的工作原理和业务开放形式进行了详细介绍, 此外, 还对宽带业务进行了分析。第 5 章、第 6 章论述了有关“网络安全系统的建设”方面的问题。

本书具有较强的实践性, 对于已经或准备进入这一领域的运营商或 ISP 们来说, 本书将帮助他们更好地选择合理的技术和产品以服务于自己的网络 and 用户; 对于相关专业或有一定网络基础的在校学生来说, 这本书能够向读者提供一个全新的视野, 即真正的运营商如何看待书中介绍的技术、产品和如何在实际的网络中加以应用和提升。

现代 IP 技术丛书

电信级 IP 信息网络的构建

◆ 编 著 李 洪 林殿魁 李学军 等
责任编辑 李 晶 梁 凝

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线 010-67180836
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787 × 1092 1/16
印张: 19
字数: 462 千字 2002 年 2 月第 1 版
印数: 1-4 500 册 2002 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09742-9/TN·1795

定价: 33.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

电信级 IP 信息网络的构建 15

序

席卷全球的 Internet 浪潮使传统的电信行业和 IT 产业都经历着深刻的变革。业务、网络的融合已成为不可逆转的潮流, IP 以其开放性、简单性、扩展性和丰富的应用逐渐成为未来网络的核心。除了新兴的运营商和 IT 设备制造商, 传统的电信运营商和设备制造商也都纷纷加入到 IP 阵营中。了解 IP 技术和实际的网络应用方案是当前每个电信从业人员应具备的基本素质之一。

本书的几位作者都是广东电信实际参与 IP 网络设计、规划和建设, 拥有丰富经验的一线工程师, 因此本书主要着重于网络和具体业务平台建设、运营及管理的讨论, 是一本基于实践的有关 IP 信息网络的解决方案的论著。

作者以 ISP 如何规划、设计、管理、运营 IP 信息网和信息服务业务平台为主线, 从 IP 骨干网络建设、IP 网络管理、IP 业务开展和 IP 网络安全等四个方面进行论述。本书既是对近年来信息网络建设和发展的总结, 又为 ISP 建设网络和开放业务提供了参考方案和思路, 是目前不可多得的以实际应用为主要内容的 IP 技术书籍。

对于电信从业人员, 本书是一本了解网络全貌和相关技术的参考书籍。通过本书, 网络规划人员可以对全网有一个整体的认识; 维护人员可以从网络、业务平台的角度了解其维护的设备或系统, 而不仅仅拘泥于对单个设备的了解, 既有利于更好地完成维护工作, 又可提高个人的技术水平; 从事传统电信业务的技术和业务人员, 可以了解信息网络的相关知识, 为迎接未来网络和业务的融合打下良好的基础, 同时本书还为信息网络的系统集成商提供了较为成熟的思路。

中国工程院院士

于北京邮电大学 2001 年 10 月

前 言

撰写本书最初的想法来自于由广东通信学会组织的一次技术研讨年会。有很多相关的电信运营商和 ISP 参加了这次年会。大家一起探讨目前 IP 网络建设中出现的问题并交流了各自的经验。

在那次年会上我们深深地体会到：我们在与广东电信 ChinaNet_GD 网络多年来共同成长的过程中积累了一些宝贵的经验，却没有机会与同行们共享。虽然这些经验和体会不一定非常深刻，但它们确实能够让同行们少走一些弯路，所以我们决定写这样一本书，把我们的经验和体会写出来，以期能够达到“抛砖引玉”的目的，让中国的电信事业能够更加健康快速地发展。

本书是我们多年从事 IP 网络建设和业务拓展工作的经验总结和体会，编写中融入了我们几年来所承担的科技项目的有关成果，也参考了一些设备提供商和系统集成商的技术解决方案和白皮书。本书由李洪博士、林殿魁硕士、李学军硕士组织策划，其中李洪负责第 1 章和第 2 章的编写，并负责全书的统筹、规划等工作；林殿魁负责第 2 章和第 4 章部分内容的撰写，并负责全书的审阅和校对等工作；李学军负责第 3 章后台管理系统部分、第 5 章和第 6 章的编写，并协助李洪和林殿魁进行全书的统筹、规划工作；钟浩硕士负责第 3 章其余部分的编写；彭莉硕士负责第 4 章增值业务部分和附录 A “缩略语”的编写；朱英军硕士负责第 4 章其余部分和附录 C “信息网络建设规范书（样本）”的编写。

在本书的撰写过程当中，得到了广东省电信公司各部门领导、广东省数据通信局领导、广东电信科学研究院和各相关单位的关心和悉心指导，尤其是广东省电信公司企发部尹培生总经理、黄兆荣副总经理、罗兆广副总经理、蔡康副总经理，他们对本书的圆满完成给予了极大的支持和帮助，对本书内容的组织提出了极有价值的指导和建议。

感谢广东省电信公司企业发展部/信息业务拓展中心黄勇军主任助理和梅玉平主任助理，他们对参与本书撰写的成员给予了热切的关心和帮助；感谢黄春华工程师，她负责本书部分图表的制作和参考资料的收集工作；感谢拓展中心的各位同事——肖鹏、王辉、朱华、肖培新、罗高松、雷红嘉等，他们也对本书的内容组织提供了很多宝贵的意见。感谢为广东电信 IP 网络建设撒下辛勤汗水的无数默默无闻的同事们。

感谢 Cisco 公司广州办事处、Juniper 公司北京办事处、Unisphere 公司北京办事处、北京数信达公司、亚信公司广州办事处、中望商业机器有限公司、GTI 公司广州办事处的大力支持，除提供相关的原始技术资料外，他们还为本书的顺利出版提供了帮助。

由于时间仓促，作者水平有限，书中偏颇和不当之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

关于本书

在这本书里，我们分 6 个章节分别对 IP 网络建设、IP 网络业务和网络管理、IP 增值应用和 IP 网络安全等方面展开论述，以期使读者对 IP 网络的建设和业务发展有一个全面的了解，同时希望能够供运营商在 IP 网络建设和业务发展中参考。

本书第 1 章主要说明随着 Internet 网络技术和业务的不断发展，IP 向传统电信业务的渗透和融合将会越来越快，IP 业务将成为未来信息业务的主体。由于 IP 业务与传统电信业务差别比较大，同时 IP 的技术和业务发展很快，使得信息服务运营商在进行 IP 网络建设和业务发展中会遇到很多问题和挑战，本书的目的就是帮助运营商去面对并解决这些问题。

在本书第 2 章中，我们描述了有关“IP 网络的建设和技术发展”方面的问题。为了提供 Internet 服务，作为一个运营商，首先遇到的问题是建设 IP 网络。这一章里，我们分两部分对 IP 网络建设中的广域网络和城域网络的建设和技术发展进行了描述。

(1) 第一部分将从广域网络的组网技术发展、POP 的建设、IP 路由策略的实施、IP 与 QoS、IP 网络中的流量工程等方面对 IP 广域网的建设与技术发展展开论述，以期能够全面揭示 IP 广域网建设的方方面面。

(2) 第二部分根据我们从事 IP 城域网建设的经验，从 IP 城域网的定位、IP 城域网的建设、IP 城域网中的宽带接入解决方案、光纤收发器在 IP 城域网中的应用、信息化大厦/小区的建设、IP 城域网路由与自治域的实施策略、IP 城域网中 IP 地址规划的考虑等方面，对 IP 城域网的建设与技术发展展开论述，以期能够说明在 IP 城域网建设中需要注意的各个方面。

在本书第 3 章中，我们论述了有关“网络支撑系统的建设”方面的问题。“网络支撑系统的建设”主要包含三部分的内容，即“综合业务后台管理系统”、“网络管理支撑系统”以及对“服务管理系统”的展望。在本章中我们主要通过前述三个方面对网络支撑系统的技术发展、运营商所应采取的技术策略进行了详细描述，此外，也对其他支撑系统(包括域名服务系统和时间同步系统)的建设作了论述。

(1) 第一部分就运营商和读者所关心的问题，结合笔者的体会主要论述以下内容：综合业务管理系统的技术发展、如何结合运营商的实际需求建设科学高效的综合业务管理系统(包括如何规划并定位需求、如何选用存储网络、如何测算认证中心、计费中心的流量)、建议的实施策略。这一部分内容对运营商建设自己的综合业务管理系统提供技术和策略参考。

(2) 第二部分将在分析网络管理支撑系统的技术发展的基础上，提出网络管理支撑系统建设的一般原则，并针对目前城域网建设成为运营商新兴热点的现象，归纳总结出运营商建设分级网管(骨干网、城域网)的原则和建设策略，并对网络管理支撑系统的发展趋势做

了预测。

(3) 第三部分讨论服务管理系统与业务后台支撑系统、网络管理系统的区别, 论述服务管理系统给网络和业务运营带来的好处, 明确服务管理系统的定位, 然后对服务管理系统作简要介绍, 最后简要讨论服务管理系统的组建问题。

在本书第 4 章中, 我们描述了有关“信息服务的提供”方面的问题。本章分为三部分。

(1) 第一部分主要介绍基础信息服务(主要是指网络接入业务), 我们对一些常用的基础信息服务的工作原理和业务开放形式(包括窄带拨号业务、窄带专线业务、宽带拨号业务、宽带专线业务等)进行了详细的介绍和分析。

(2) 第二部分重点论述的问题是如何最大限度地充分利用网络资源来创造利润, 这是每个运营商/ISP 都关心的问题。如何实现最大限度地创造利润? 增值信息服务是一个重要手段。运营商/ISP 可以利用已有的网络设施构筑面向增值业务提供商、企业、个人用户的增值业务平台, 以提高网络的收益。具体的增值业务种类、业务提供方式和技术方案因市场和技术的变化而处在不断发展的过程当中, 本部分仅就目前技术比较成熟、已经或即将大规模商用的业务进行介绍, 主要包括基于 IP 的虚拟专网(IP VPN)、Internet 数据交换中心(IXP, Internet Exchange Point)、拨号端口批发、封闭站点、虚拟主机、Internet 数据中心(IDC, Internet Data Center)、组播(Multicast)。我们结合在实际业务规划和建设中积累的经验, 从业务模式、主要组网技术的原理及特点、组网方案和建议等方面对以上业务进行论述。

(3) 第三部分对目前 Internet 上常用的、流行的应用进行了介绍, 这些应用包括电子商务、IP 电话、IP 传真、基于 IP 的电视会议系统(包括远程教育和远程医疗等业务)等。本部分对各种应用业务的工作原理和目前的开展情况进行了介绍, 除对业务开展中存在的问题进行分析之外, 同时还对各种网上应用给出了建设性的实施建议和策略。

在本书第 5 章中, 我们论述了有关“网络安全系统的建设”方面的问题。Internet 的发展适应了全球化发展的需要, 然而在 Internet/Intranet 的大量应用中, 安全亦面临着重大挑战。从目前的情况来看, 运营商建设的 IP 网络是不能孤立于 Internet 公网而存在的。在 Internet 上没有国界之分, 为了减少因网络安全漏洞而造成的损失, 运营商尤其是骨干网络运营商必须对网络安全的重要性有充分的认识。本章将详细论述网络安全的原理, 同时从广域网、局域网、操作系统、应用系统、数据备份等方面给运营商/ISP 提供网络安全的实施策略, 以期加深业内对网络安全的认识深度, 提高运营商对网络黑客攻击的防范水平。

在本书第 6 章中, 我们介绍一些有关网络安全管理的实例, 包括广东电信与华南理工大学计算机研究所合作研制开发的网络黑客入侵检测及实时追查系统、Cisco 路由器的安全配置实例、Juniper M 系列路由器(M160、M40、M20)的安全配置实例。

为了方便读者阅读, 我们编写了缩略语(附录 A), 并列出了本书的参考文献。同时, 为了使本书能够指导网络工程建设, 在本书的附录 B 和附录 C 中我们分别提供了“IDC 机访建筑要求”和“信息网络建设规范书(样本)”, 以供运营商在进行招标谈判和选型时作为参考。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 Internet 的历史与发展	1
1.1.1 Internet 的诞生	2
1.1.2 Internet 的发展	3
1.1.3 Internet 在中国的发展	4
1.2 IP 技术终将成为未来信息网络的核心	4
1.2.1 ATM 与 IP 之争	4
1.2.2 IP 协议将成为统一网络的基础	6
1.2.3 IP 技术成功的原因	7
1.3 建设和运营 IP 网络将面临挑战	7
第 2 章 IP 网络的建设与技术发展	9
2.1 广域网络的建设与技术发展	9
2.1.1 IP 广域网络组网技术的发展	9
2.1.2 IP 广域网络拓扑设计	30
2.1.3 POP(Point of Presence)服务节点的设计	31
2.1.4 路由策略	34
2.1.5 IP 地址规划	38
2.1.6 IP 网络中的 QoS 问题	39
2.1.7 IP 网络中的流量工程技术	44
2.1.8 IP 广域网络的发展策略和建议	53
2.2 城域网络的建设与技术发展	54
2.2.1 IP 城域网概述	55
2.2.2 IP 城域网的建设	57
2.2.3 IP 城域网宽带接入方案	65
2.2.4 光纤收发器在 IP 城域网中的应用	71
2.2.5 信息化大厦/小区内用户驻地网建设	74
2.2.6 IP 城域网中路由与自治域的实施策略	79
2.2.7 IP 城域网中 IP 地址规划的考虑	81
2.2.8 IP 城域网络的发展策略和建议	88

第 3 章 网络支撑系统的建设	89
3.1 综合业务后台管理系统的建设	89
3.1.1 综合业务后台管理系统的技术发展	90
3.1.2 如何建设灵活高效的多媒体综合业务后台管理系统	91
3.1.3 综合业务后台管理系统的建设策略建议	100
3.2 网络管理系统的建设	101
3.2.1 网络管理系统概述	101
3.2.2 网络管理系统的分类	107
3.2.3 选购网管系统的总体原则	108
3.2.4 对网管功能的一般要求	109
3.2.5 网管平台的选择	111
3.2.6 骨干网络管理系统的建设	111
3.2.7 城域网络管理系统的建设	115
3.3 服务管理系统的建设	119
3.3.1 服务管理系统的定位	119
3.3.2 关于服务管理系统	120
3.3.3 服务管理系统的组建	122
3.4 其他支撑系统的建设	123
3.4.1 域名服务系统的建设	123
3.4.2 时间同步系统的建设	129
第 4 章 信息服务的提供	132
4.1 基础信息服务	132
4.1.1 窄带拨号	132
4.1.2 窄带专线	136
4.1.3 宽带拨号	139
4.1.4 宽带专线	144
4.2 增值信息服务	153
4.2.1 基于 IP 的虚拟专网 (IP VPN) 业务	153
4.2.2 Internet 数据交换中心 (IXP, Internet Exchange Point)	165
4.2.3 拨号端口批发	170
4.2.4 封闭站点	173
4.2.5 虚拟主机	174
4.2.6 Internet 数据中心 (IDC, Internet Data Center)	179
4.2.7 组播 (Multicast) 技术及应用	186
4.3 IP 网上应用	189
4.3.1 常用网上应用服务	189
4.3.2 电子商务	193

4.3.3 IP 电话	198
4.3.4 IP 传真	201
4.3.5 基于 IP 的 VOD 系统	205
4.3.6 基于 IP 的桌面电视会议系统	208
4.3.7 基于 IP 的桌面远程医疗系统	214
4.3.8 基于 IP 的桌面远程教育	217
4.4 信息服务的发展策略和建议	219
第 5 章 网络安全系统的建设	222
5.1 黑客攻击步骤	222
5.1.1 信息收集	222
5.1.2 系统安全弱点的探测	223
5.1.3 网络攻击	223
5.2 网络安全的关键技术及其发展	224
5.2.1 防火墙技术	224
5.2.2 国内外攻击检测技术介绍	225
5.2.3 网络安全工具	226
5.3 如何实施网络安全	227
5.3.1 广域网安全	227
5.3.2 局域网安全	233
5.3.3 操作系统安全	240
5.3.4 应用服务安全	241
5.3.5 数据安全策略	242
第 6 章 网络安全管理的实例	244
6.1 黑客入侵及实时检测系统的原理及应用	244
6.1.1 RHDTS 系统的组成	244
6.1.2 RHDTS 系统的功能介绍	245
6.1.3 RHDTS 系统的应用情况	245
6.2 Cisco 路由器的安全配置实例	246
6.2.1 ISP 的安全性	246
6.2.2 关掉不必要的 IOS 服务	247
6.2.3 需要关闭的接口服务	247
6.2.4 登录时的显示信息 (Login Banners)	248
6.2.5 使用 “enable secret” 命令	249
6.2.6 系统操作	250
6.2.7 出口及入口的过滤	255
6.2.8 入口过滤——防止来自非法 IP 地址的传输	256
6.2.9 出口过滤——防止接收非法 IP 地址	257

6.2.10 认证路由更新	259
6.3 Juniper M 系列路由器 (M160、M40、M20) 的安全配置实例	261
6.3.1 如何跟踪并制止已发生的 SMURF 攻击	261
6.3.2 如何跟踪并制止已发生的 SYN 攻击	263
6.3.3 积极主动地减少 DOS 攻击带来的影响	270
附录 A 缩略语	272
附录 B IDC 机房建筑要求	279
附录 C 信息网络建设规范书 (样本)	282
参考文献	292

第1章 绪 论

当前, 电信技术及其运营正面临着百年一遇的巨大变革, 产业全球化、经济全球化促使了“地球村”、“数字化地球”概念的诞生, 推动了全球信息化进程的发展。信息技术如此神速地进步, 毫无疑问将对电信网设备、组网、服务、应用、资费政策诸方面产生巨大的影响。不同行业、技术互相渗透并走向融合的局面正在形成, 从而使消息的存储、交换、传递成本迅速降低, 知识成为商品的能力大大加强。知识经济正在通过信息数字化和服务网络化成为现实。

20 世纪 90 年代以来, 以 Internet 为代表的信息技术革命正在深刻地改变传统电信的概念和体系, 其迅猛发展的速度是人类工业化进程中前所未有的。收音机从产品推出到形成 5000 万的规模用了 38 年的时间, 电视机用了 13 年的时间, 而 Internet 仅用了 4 年的时间。

近 10 年来, 全世界电话用户的增长率平均为 5%~10% 左右。然而, 近年来, 由于计算机的广泛应用和普及, 数据业务正呈指数式增长态势, 平均年增长率达 25%~40%, 远高于电话业务。特别是 IP 业务正呈现爆炸式增长, 其规模和业务量已达到了约 6~12 个月左右就翻一番的地步, 比著名的 CPU 性能进展的摩尔定律 (约 18 个月左右就翻一番) 还要快。

在北美, 有些网络 (诸如太平洋贝尔) 上的数据业务已经超过电话业务, 即便像 AT&T 这样的老牌电信公司的网络, 其数据业务也将在 2001 年左右超过电话业务。从全世界范围看, 估计在未来 10 年内, 包括中国电信网在内的世界主要网络的数据业务量都将先后超过电话业务量。最终, 电信网的业务将主要由数据构成, 100 年来的电话主业将最终变成副业。

特别是随着下一代 Internet 等新一代网络技术的发展, IP 向传统电信业务的渗透和传统电信技术与 IP 技术的融合速度很可能会大大加快。总之, 从当前技术发展趋势来看, IP 业务将成为未来信息业务的主体已势不可挡。

1.1 Internet 的历史与发展

在英语中, “Inter” 的含义是“交互的”, “net” 是指“网络”。简单地讲, Internet 是一个计算机交互网络, 又称网间网。它是一个全球性的巨大的计算机网络体系, 包含了难以计数的信息资源, 并可向全世界提供信息服务。它的出现, 是世界由工业化走向信息化的象征。

从网络通信的角度来看, Internet 是一个以 TCP/IP 网络协议连接各个国家、各个地区、各个机构的计算机网络的数据通信网; 从信息资源的角度来看, Internet 是一个集各个部门、各个领域的各种信息资源为一体, 供网上用户共享的信息资源网。今天的 Internet 已经远远超过了一个网络的涵义, 它是一个信息社会的缩影。虽然至今还没有一个准确的定义来概括

Internet, 但是这个定义应从通信协议、物理连接、资源共享、相互联系和相互通信等角度来综合加以考虑。一般认为, Internet 的定义至少包含以下三个方面的内容:

- Internet 是一个基于 TCP/IP 协议簇的国际互连网络;
- Internet 是一个网络用户的团体, 用户使用网络资源, 同时也为该网络的发展壮大贡献力量;
- Internet 是所有可被访问和利用的信息资源的集合。

1.1.1 Internet 的诞生

Internet 最早来源于美国国防部高级研究计划局 (DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency) 的前身 ARPA 建立的 ARPAnet, 该网于 1969 年投入使用。

从 20 世纪 60 年代开始, ARPA 就开始向美国国内大学的计算机系和一些私人有限公司提供经费, 以促进基于分组交换技术的计算机网络的研究。1968 年, ARPA 为 ARPAnet 网络项目立项。这个项目基于这样一种主导思想: 网络必须能够经受住故障的考验而维持正常工作; 一旦发生战争, 当网络的某一部分因遭受攻击而失去工作能力时, 网络的其他部分应当能够维持正常通信。最初, ARPAnet 主要用于军事研究目的。

1972 年, ARPAnet 在首届计算机后台通信国际会议上首次与公众见面, 并验证了分组交换技术的可行性, 由此, ARPAnet 成为现代计算机网络诞生的标志。

ARPAnet 在技术上的另一个重大贡献是 TCP/IP 协议簇的开发和使用。1980 年, ARPA 投资把 TCP/IP 加进 UNIX(BSD4.1 版本)的内核中, 在 BSD4.2 版本以后, TCP/IP 协议即成为 UNIX 操作系统的标准通信模块。1982 年, Internet 由 ARPAnet、MILnet 等几个计算机网络合并而成。作为 Internet 的早期骨干网, ARPAnet 试验并奠定了 Internet 存在和发展的基础, 较好地解决了异种机网络互联的一系列理论和技术问题。

1983 年, ARPAnet 分裂为两部分: ARPAnet 和纯军事用的 MILnet。该年 1 月, ARPA 把 TCP/IP 协议作为 ARPAnet 的标准协议, 其后, 人们称呼这个以 ARPAnet 为主干网的国际互联网为 Internet, TCP/IP 协议簇便在 Internet 中进行研究和试验, 并改进成为使用方便、效率极好的协议簇。

与此同时, 局域网与其他广域网的产生和蓬勃发展对 Internet 的进一步发展起了重要的作用。其中, 最为引人注目的就是美国国家科学基金会 (NSF, National Science Foundation) 建立的美国国家科学基金网 NSFnet。1986 年, NSF 建立了六大超级计算机中心, 为了使全国的科学家、工程师能够共享这些超级计算机设施, NSF 建立了自己的基于 TCP/IP 协议簇的计算机网络 NSFnet。NSF 在全国建立了按地区划分的计算机广域网, 并将这些地区网络和超级计算中心相联, 最后将各超级计算中心互联起来。当一个用户的计算机与某一地区相联以后, 它可以使用任一超级计算中心的设施, 可以同网上任一用户通信, 还可以获得网络提供的大量信息和数据。这一成功使得 NSFnet 于 1990 年 6 月彻底取代了 ARPAnet 而成为 Internet 的主干网。

NSFnet 对 Internet 的最大贡献是使 Internet 向全社会开放, 而不像以前那样仅仅供计算机研究人员、政府职员和政府承包商使用。然而, 随着网上通信量的迅猛增长, NSF 不得不采用更新的网络技术来适应发展的需要。1990 年 9 月, 由 Merit、IBM 和 MCI 公司联合建立了一个非赢利性的组织——先进网络和科学公司 (ANS, Advanced Network & Science)。

ANS 的目的是建立一个全美范围的 T3 级主干网, 它能以 45Mbit/s 的速率传送数据, 相当于每秒传送 1400 页文本信息。到 1991 年底, NSFnet 的全部主干网都已同 ANS 提供的 T3 级主干网相通。

1.1.2 Internet 的发展

1969 年 12 月 ARPAnet 最初建成时只有 4 个节点, 到 1972 年 3 月也仅仅只有 23 个节点, 直到 1977 年 3 月总共只有 111 个节点。但是近 10 年来, 随着社会科技、文化和经济的发展, 特别是计算机网络技术和通信技术的大发展, 人们对信息的意识, 对开发和使用信息资源的重视程度逐渐加深。这些都强烈刺激了 ARPAnet 和后来的 NSFnet 的发展, 使联入这两个网络的主机和用户数目急剧增加。1988 年, 由 NSFnet 连接的计算机数就猛增到 56000 台, 此后每年更以 2~3 倍的惊人速度向前发展。1994 年, Internet 上的主机数目达到了 320 万台, 连接了世界上的 35000 个计算机网络。

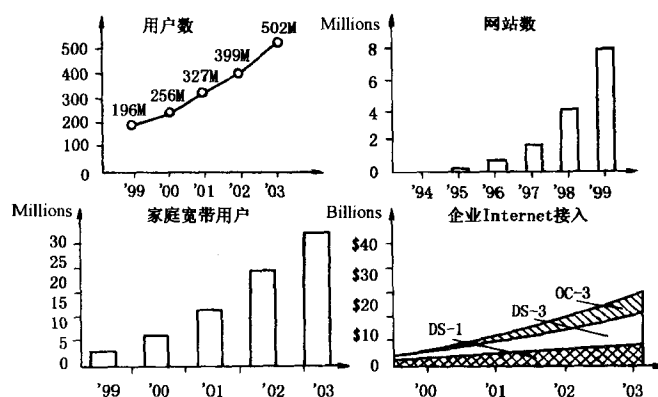


图 1-1 Internet 的高速发展示意图

Internet 的规模每月增长 10% 左右, 业务量每 6~9 个月翻一番, 如图 1-1 所示。据预测, 2001 年底全球因特网用户将达到 3~10 亿。从 1997 年起, 国外运营公司的网络业务中已有数据业务超过话音业务的情况出现; 有国外统计公司分析, 在 1998~2008 年间各国因特网数据流量将先后超过话音。

除了用户数量指数增长外, Internet 的业务带宽也呈现指数增长态势。例如, 在 1990 年前后, 主要业务是 E-mail, 带宽仅 1kbit/s 左右; 到 1995 年, 主要业务变成 Web 浏览, 带宽仅几十 kbit/s; 2000 年前后, 活动图像成为重要业务之一, 所占用的带宽可到达 5Mbit/s。10 年间, 业务带宽的增长可达 4 个数量级。这些变化均使 IP 业务所需的带宽呈爆炸式增长, 形成了新时期网络带宽增长的主要驱动力量。

TCP/IP 协议最初是为提供非实时数据业务而设计的。为了使 IP 网络不仅能传送非实时的数据信息, 而且还能传送实时多媒体数据信息, 国际标准化组织 (如 ITU, IETF 等) 已开始起草并完成了一些用于 IP 实时通信的标准以及服务质量方面的标准, 如实时传输协议/实时传输控制协议 (RTP/RTCP)、资源预留协议 (RSVP)、IP 多播技术以及 H.323 建议等。另外对更先进的服务质量保证技术, 如分类服务 (Diff-Serv) 等, 做了大量的研究并取得了可喜成绩。在这些技术的支持下, 因特网提供的应用及业务将能够覆盖综合业务网的

业务类型。

今天的 Internet 已不再是计算机人员和军事部门进行科研的领域，而是变成了一个开发和使用信息资源的覆盖全球的信息海洋。在 Internet 上，按从事的业务分类包括了广告公司、航空公司、农业生产公司、艺术、导航设备、书店、化工、通信、计算机、咨询、娱乐、财贸、各类商店、旅馆等 100 多类，覆盖了社会生活的方方面面，构成了一个信息社会的缩影。

1.1.3 Internet 在中国的发展

中国互联网的发展经历了两个阶段。

第一阶段，1987~1993 年，是中国互联网研究与试验阶段，主要在科研单位和高校进行。

中国早在 1987 年就由中国科学院高能物理研究所首先通过 X.25 租用线实现了国际远程联网，并于 1988 年实现了与欧洲和北美地区的 E-mail 通信。1993 年 3 月经电信部门的大力配合，开通了由北京高能所到美国 Stanford 直线加速中心的高速计算机通信专线。

第二阶段，从 1994 年开始，中国正式接入 Internet，这是中国 IP 网络发展的一个里程碑。

1994 年 5 月高能物理研究所的计算机正式进入了 Internet。与此同时，以清华大学为网络中心的中国教育与科研网也于 1994 年 6 月正式联通 Internet。1994 年 6 月，中国公用计算机互联网 CHINANet 也正式开通并投入营运。随着国内 10 个骨干互联单位的相继成立，在中国兴起了一股研究、学习和使用 Internet 的浪潮。随着 IP 网络规模逐步扩大，结构日益完善，应用日益广泛，Internet 已逐渐成为中国用户科研工作甚至日常生活的一个重要组成部分。

中国网民规模也发展很快。从 1996 年开始到 2000 年，这五年尤其发展得特别快，在 1994 年还只有几千户，1996 年约 10 万户，1997 年约 67 万，1998 年到了 210 万，1999 年是 890 万，2000 年是 2 千万，差不多是每半年翻一番。上网计算机的台数、域名注册数、3W 网站的数量等，最近几年年均增长速度是 150%~350%，也是相当快的。

1.2 IP 技术终将成为未来信息网络的核心

伴随着 Internet 的高速发展，未来新的通信网络势必将以 IP 业务为主进行优化设计，这就是通信体制革命的原动力。今后，以 Web 应用为代表的新的 IP 数据通信业务将快速发展，而且传统电信业务（包括话音、传统数据业务和视频）也将逐步转到 IP 网上。

1.2.1 ATM 与 IP 之争

曾经有一段时期，存在 IP 和 ATM 谁将成为宽带业务网的承载技术的争论。实际上，无论是 IP 还是 ATM 都各自存在优点和缺点，在技术上它们都是很好的网络技术，甚至 ATM 技术更加完美一些，但最后市场还是选择了 IP 作为宽带业务网的承载技术。

最近，ITU-T 也调整了战略方向转向 IP，并与 IETF 合作发展制定 IP 网的标准。

IP 成为宽带业务网的承载技术，并不是说 ATM 就不再是宽带业务网的承载技术，只意

意味着 ATM 的市场将缩小, IP 的市场将扩大。ATM 和 IP 技术将在宽带网络中各占一席之地, 只是 IP 将占主导地位。

1. ATM 技术

ATM 技术是电信界为实现 B-ISDN 的理想提出的。ATM 是面向连接的网络技术, 采取资源预定, 用虚电路逻辑连接后再通信, 存在着相应的信令选路规程和地址结构。

它具有速度快、容量大、高可靠的 QoS 保证、无级带宽分配、自愈能力强、统计复用、安全等优点, 它集中了电路交换与分组交换的优点, 可以保证话音、数据、图像及多媒体信息传输中的 QoS, 是目前真正实现多业务综合、QoS 保证的技术。

其缺点是技术复杂, 目前在 ATM 上开展的业务也较少, 且价格昂贵。其重要的一个应用是作为承载平台, 包括承载 IP。

2. IP 技术

IP 是计算机界提倡的计算机通信中的网络层协议, 具有简单、灵活, 面向无连接, 应用广泛等特点。

IP 网络是面向无连接的, 有自己的寻址方式和相应的选路功能。IP 不需信令, 因而没有信令开销, 只有路由广播开销。IP 无 QoS 保证, 传送的是突发性的资源, 既不预定, 也不确定。

虽然 IP 的安全可靠性不高, 但由于价格低廉使人们容忍了其缺陷, 并在 Internet 和 LAN 等网络中获得了广泛的应用。而 ATM 的面向连接的特性在 Internet 信息通信中则不能显示其优势。

IP 主要向用户提供各种信息服务, 如 LAN 与 LAN 互联、全球的电子邮箱服务、全球的文件传递、远程的主机登录、其他 Internet 服务(WWW、WAIS、Archie、Gopher 等)以及一些交互式的应用。

下一代因特网技术的发展将主要集中在电子商务、信息搜索、IP 电话、IP 传真、IP 会议电视和可视电话等方面。

3. IP 和 ATM 之争

随着宽带 IP 技术的发展, 在 IP 网上传输话音、视频等实时业务, 保证服务质量等问题正逐步得到解决。目前正在发展多种算法和协议, 将话音、视频业务以及传统的数据通信业务转移到 IP 网上, 出现了所谓的“Every Thing over IP”的局面。B-ISDN 的概念正在被宽带 IP 网取代, 通信、广播、计算机三网将融合汇聚到宽带 IP 网上。

IP 业务即将成为通信业务的主流, 但传统电信传输网的基础网是 DWDM、SDH、ATM 而不是 IP。为此, 业界近年发展了在这些网上传输 IP 的多种方法, 如 IP over ATM、IP over SDH、IP over DWDM 等, 人们概括这种现象为“IP over Everything”。这就提出了一个问题: 既然 IP 业务已经成为通信业务的主流, 宽带 IP 网应该成为基础网, 为什么不能按照 IP 业务的需求来重新优化设计电信传输网络呢?

20 世纪 90 年代中期, 限制因特网速度的瓶颈是路由器。当时的路由器利用软件来实现路由计算和包转发, 最高包转发速度不超过 1Mbit/s, 不能满足因特网骨干网的需求。为了解决这个问题, 人们只能求助于 ATM。于是, ATM 成为 Internet 骨干网的主流, 并且在校园网、企业网方面也发展了 MPOA、多协议标记交换(MPLS)等在 ATM 上运行 IP 的新技术。我们把这一时期的 IP 网称为 ATM/IP 平台, 它适用于多协议、多业务环境。

1997 年, 新一代吉位线速路由交换机面世。它采用专用硬件 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)进行包处理, 转发速度可以达到 40Mbit/s 以上, 比传统路由器速度快几十倍, 而且结构变化不大。吉位路由交换机的出现解决了传统瓶颈的问题, 同时向 IP over ATM 方案提出了有力挑战。

随着吉位路由交换机的出现, 可以逐渐摆脱 ATM 建立单纯的 IP 环境的网络。首先, 在 Internet 骨干网上, 吉位线速路由交换机取代了 ATM 交换机, 在 SDH 上甚至直接在光纤 (DWDM) 上运行 IP。这样网络既减少了内部开销, 简化了设备, 降低了成本, 又简化了网管。其次, 在城域网、校园网方面, 对于以 IP 业务为主的网络, 采用吉位线速路由交换机直接在光纤上运行吉位以太网, 这是构成宽带 IP 网的最佳方案。随着 IP 业务的发展, ATM/IP 多协议、多业务平台正逐步过渡到纯 IP 平台。

目前, 建立单纯的 IP 环境的呼声很高, 特别是 IP over DWDM (或 IP over Optical)似乎成了未来宽带统一网络的不可逆转的趋势。其根据就是 Internet 的迅速发展和广泛应用、IP 电话风潮以及因 DWDM 技术飞速发展所提供的前所未有的带宽资源。

随着通信体制革命的深入发展, ATM 将逐渐退出历史舞台, 让位给宽带 IP 网。但是, ATM 发展的先进思想和技术已经被宽带 IP 技术吸收。从某种程度上, 我们可以认为: 宽带 IP 技术是 IP 技术和 ATM 技术结合的产物。

尽管 IP 网络有着远大的发展前景, 目前仍然存在一些技术问题。比如, 尽管采用 ASIC 的吉位路由器技术相对比较成熟, 但企图用于解决实时数据、语音和视频 QoS 的 RSVP 技术, 由于机制缺陷和过分复杂, 仅可在少数应用环境中使用, 很难在整个 Internet 中发挥作用; 带宽资源永远是网络的基础, 对带宽资源的需求也是永无止境的, 企图以无限带宽来保证不同应用中的 QoS 也未必可行。因此, 如何统一所有应用, 如何实现未来的综合网络, 还有待实践的考验和市场的检验。

1.2.2 IP 协议将成为统一网络的基础

由于历史的原因, 电信网通过许多专门的网络来提供不同的电信业务, 各种网络的标准、接口信令协议不兼容, 每一个网络都需要专门的物理接口和终端连接。每一网络都有不同的接入信令和协议, 需要不同的用户网络接口, 具有不同的寻址方式, 使用十分不方便。同时运行维护管理复杂, 费用很高, 也妨碍了新业务的迅速引入。

为了从根本上改变网络之间的隔离状况, 必须用一个“统一”(Convergence)的网络提供各种不同的业务, 实现完全的开放系统互连和透明通信。不管是用户, 还是运营公司, 都希望建立一个能提供目前各种电信业务(如电话、数据、视频等)的高效、灵活、经济的便于管理的网络, 这就是大家常谈的“三网合一”网络。这个“三网”如何“合一”? 无疑除采用光纤宽带传输、交换和传输数字化等主要技术以外, 还需要三大网能共同接受的网络协议及其相应的软件支持。

今天的市场发展情况是, IP 已成为各种业务事实上的核心, 数据、语音和视频业务都可由 IP 来承载。专家认为, IP 的发展趋势无处不在。IP 广泛使用后, 网络成本和复杂性会直线下降, 各种服务会争相出台。

实践证明, TCP/IP 是 Internet 的标准协议, 并将逐渐成为整个通信网的共同“语言”。不管是传统的话音通信, 还是现代数据通信和数字视频通信, 最终都会走到一起, 使用统一